

# Handout

zum Video-Podcast

# School's out! ?

des Naturkundemuseums Leipzig



Folge 6 & 7

**PILZE UND  
DAS WOOD WIDE WEB**

# PILZE UND DAS WOOD WIDE WEB

## Sag's mir durch den Pilz – Wie und worüber Bäume reden

Jahrzehntelang war es unklar, jetzt steht es fest – Bäume plaudern miteinander, ständig. Und sie nutzen ein ganz bestimmtes Kommunikationsmedium: Pilze. Damit die Kommunikation klappt, leben Bäume und Pilze seit Jahrmillionen in Wohngemeinschaften zusammen und zwar meist zum gegenseitigen Nutzen. Das Ergebnis der Partnerschaft: Die Baum-Pilz-Connection hat sogar ein eigenes „Internet“.

Pilz und Pflanze – das ist seit Urzeiten, wie Fossilfunde belegen, eine äußerst fruchtbare Verbindung. Dabei sind beide Lebensformen sehr unterschiedlich. Die meisten Pflanzen sind grün, bewegen sich nicht vom Fleck und gewinnen über die Fotosynthese Zucker aus Sonnenlicht, Kohlendioxid, Wasser und Blattgrün. Sie suchen, im Gegensatz zu den meisten Tieren, nicht aktiv nach Nahrung. Diese Eigenschaften teilen auch Pilze, weshalb sie viele Menschen für Pflanzen halten. Aber im Gegensatz zum „Grünzeug“ fehlt ihnen ein entscheidendes Merkmal: Sie besitzen kein Chlorophyll und können daher keine Fotosynthese betreiben. Auch fehlen ihnen typische Pflanzenmerkmale wie Wurzeln, Blätter und Samen. Ihre Zellwände bestehen auch nicht aus Zellulose, wie bei den Pflanzen, sondern aus Chitin. Ein Material, das im Panzer von Schalentieren, Insekten und Spinnen enthalten ist.

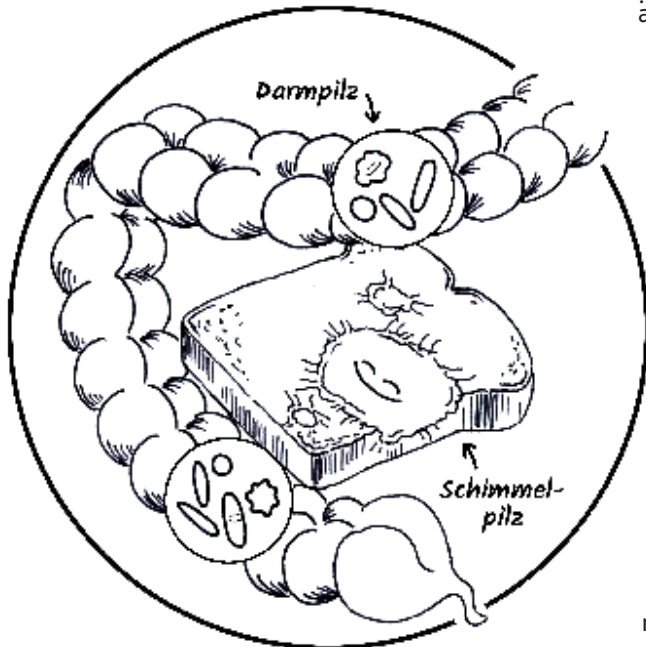
### Alleskönner Pilze – Die heimlichen Herrscher der Welt

Pilze gehören zu den ältesten und vielfältigsten Organismen. Sie sind weder Tier noch Pflanze und bilden ein eigenes biologisches Reich. Unglaubliche 25 Prozent der gesamten Biomasse der Erde bestehen aus ihnen, weit mehr als alle Tiere zusammen. Und genau wie diese können Pilze sich nicht durch Fotosynthese mit Nahrung versorgen, sondern müssen ihre Nährstoffe anders gewinnen. Dies geschieht über Verdauungsenzyme, mit denen die Fungi – wie ihr lateinischer Name lautet – biologisches Material auflösen. Sie benötigen folglich für ihren Stoffwechsel von anderen Lebewesen gebildete Nährstoffe. Diese Eigenschaft nennt man heterotroph. Damit sie die wertvollen Substanzen bekommen, müssen Pilze ausgezeichnete Zersetzer (Destruenten) sein. Sie zerhackeln all das, was in der Natur als biologischer Abfall anfällt – tote Lebewesen und Pflanzen sowie Exkrememente. Mit Hilfe von Enzymen lösen sie aus diesem „Bio-Müll“ wertvolle Nährstoffe, nehmen sie auf und führen sie auf diese Weise wieder in die Kreisläufe der Natur zurück. Beispielsweise erzeugen Pilze aus abgefallenem Laub Humus und reichern den Boden damit an. Er ist die Basis für das Wachsen und Gedeihen unzähliger Pflanzenarten.

### **Wusstest Du schon?**

Pilze sind näher mit Tieren (also auch mit uns) verwandt als mit Pflanzen. Wir haben mehr mit einem Trüffel als mit einer Tanne gemeinsam. Allerdings trennte sich die Entwicklungslinie der Pilze vor 800 Millionen Jahren von unserer.

Die Allesfresser aus dem Fungi-Reich sind tatsächlich immer und überall um uns herum – einige sogar in uns selbst, zum Beispiel im Darm oder auf der Haut. Und wie wir Menschen sind sie äußerst wandelbare Wesen und uns viel ähnlicher als wir denken: Viele Pilze gehen Partnerschaften ein, manche sind treu, andere nicht, sie führen tiefgehende oder oberflächliche Beziehungen, sie wohnen in WGs oder auf Kosten anderer, sie sind zurückhaltend oder auffallend, sie verdauen ihre Nahrung so ähnlich wie wir die unsere und sie sind gut drauf, wenn sie Zucker bekommen.



Von diesen eigenartigen Wesen gibt es weltweit ungefähr 1,5 Millionen Arten, bekannt sind allerdings nur etwa 100.000 davon. Die meisten leben an Land, einige auch in Salz- oder Süßwasser. Zum Reich der Fungi gehören sowohl Einzeller, wie beispielsweise Hefe- und Tüpfelpilze, als auch Vielzeller, wie zum Beispiel Schimmel- und Speisepilze. Die einzellige Bäckerhefe ist mit einem Durchmesser von fünf bis zehn Mikrometern eine der kleinsten Pilzarten. Dagegen erstreckt sich der Vegetationskörper des größten Fungi, ein Dunkler Hallimasch, über eine Fläche von neun Quadratkilometern. Jeder mehrzellige Pilz, wie beispielsweise der Hallimasch, bildet ein Geflecht aus langen Pilzfäden (Hyphen), das Myzel (Mehrzahl Myzelien) genannt wird. Meist durchwuchert es das Erdreich.

## Iss wie ein Pilz!

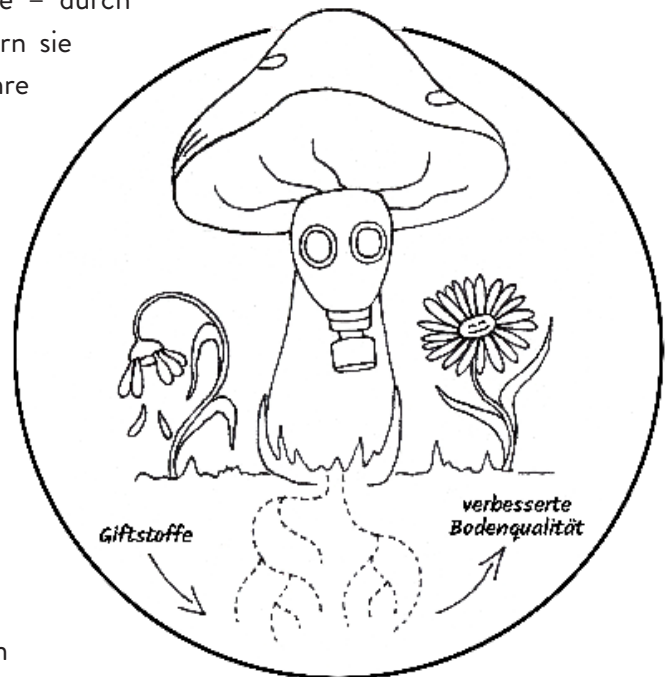
Der Aufbau der Pilze ist stark an ihrer Verdauung orientiert, denn einen Magen im eigentlichen Sinn haben sie nicht. Stattdessen übernehmen die Hyphen, die aus aneinandergereihten einzelnen Zellen bestehen, die Aufnahme der Nahrung. Sie reicht von organischem bis hin zu anorganischem Material, denn einige Schimmelpilze überwachsen sogar Mauerwerk und Putz. Je größer die Länge und Masse der Hyphen (und damit auch das Myzel), umso mehr kann der Pilz „fressen“. Besonders gut können Myzelien feste organische Substanzen – beispielsweise abgestorbenes Laub und Totholz – durchwuchern und die darin enthaltenen Nährstoffe aufschließen. Dies geschieht über Enzyme, welche die Pilze abgeben. Anschließend „saugen“ sie die von diesen Biokatalysatoren gelösten Substanzen über die Myzelien wieder ein und verwerten sie.

### **Wusstest Du schon?**

Das größte Lebewesen auf der Erde ist ein dunkler Hallimasch im US Bundesstaat Oregon. Der Pilz wiegt gigantische 600 Tonnen und ist über 2.000 Jahre alt.

Die Verdauung der Pilze ist somit ausgelagert. Dennoch funktioniert sie nach demselben Prinzip wie die unsrige: Auch im menschlichen Dünndarm werden über Enzyme Nährstoffe, wie zum Beispiel Eiweiße, aus der Nahrung gelöst und über die Darmwand aufgenommen. Zotten erweitern die Oberfläche unseres Verdauungsorgans, sodass wir so viele lebenswichtige Stoffe wie möglich aufnehmen können. Viele Pilze erzielen den gleichen Effekt – eine Vergrößerung ihres Verdauungsgewebe – durch die mitunter kilometerlangen Hyphen. In ihnen lagern sie auch große Mengen Kohlenstoff und bauen ihn in ihre Biomasse ein. Das ist wichtig, denn wir produzieren durch Industrie und Verbrennung fossiler Rohstoffe jährlich rund 37 Milliarden Tonnen des Treibhausgases Kohlenstoffdioxid. Ein großer Teil des darin enthaltenen Kohlenstoffs wird von den Fungi entsorgt, indem sie ihn in ihren Pilzfäden speichern.

Darüber hinaus können Pilze in ihren Myzelien Giftstoffe und Schwermetalle (beispielsweise Cadmium und Blei) einschließen, sodass sie mitunter zur Entgiftung (Dekontamination) verseuchter Böden eingesetzt werden. Sie durchwuchern das vergiftete Erdreich, ziehen die Schadstoffe heraus und lagern sie in den Hyphen ein. Dadurch wird die Bodenqualität und -gesundheit stark verbessert. Diese biologische Sanierung und Entgiftung von Ökosystemen durch Organismen wird als Bioremediation bezeichnet. Pilze können im Übrigen sogar Radioaktivität „verwerten“, wie Untersuchungen der verseuchten Böden rund um Tschernobyl bewiesen.



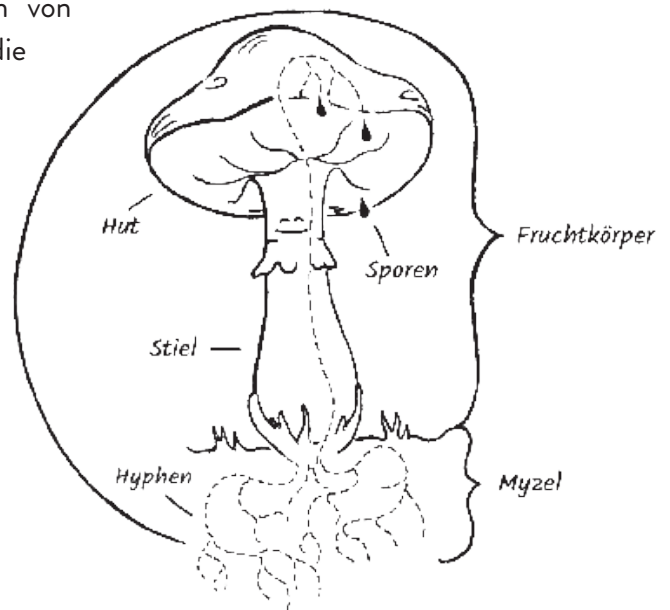
## Zotteln, Keulen, Explosionen – Das bizarre Reich der Fadenwesen

Die seltsamen Organismen haben fast alle Lebensräume der Erde erobert. Beispielsweise ist der Waldboden ein beliebtes Habitat, in dem Pilze bis mindestens 1,80 Meter Bodentiefe existieren (meist in den oberen 30 Zentimetern). Viele der hier wachsenden Fungi sind Großpilze. Das bedeutet, sie sind mit bloßem Auge gut erkennbar, im Gegensatz zu beispielsweise einzelligen Hefepilzen. Zu den Großpilzen zählen die meisten Arten der Ständer- und einige Arten der Schlauchpilze. Ihr Leben spielt sich größtenteils unter der Oberfläche ab und das, was wir im herbstlichen Wald sehen, sind nur ihre Fortpflanzungsorgane. Sie heißen zum Beispiel Fliegenpilz, Ziegenlippe, Herkules-Keule, Wohlriechender Schneckling, Violetter Lacktrichterling, Steinpilz und Pfifferling.

### **Wusstest Du schon?**

Da viele Pilze durch ihre Hyphen einen „zotteligen“ Körper haben, werden sie Fadenwesen genannt. Das klingt altertümlich und ist es auch – die ältesten Pilzfossilien sind 800 Millionen Jahre alt.

Die Fungi-Fruchtkörper fallen uns ins Auge. Sie sind für uns die Erkennungsmerkmale der etwa 10.000 Arten von Großpilzen, die in Europa vorkommen. Meist in der Erde versteckt liegt der eigentliche Organismus „Pilz“ – nämlich sein Vegetationskörper. Er besteht aus dem feinen, netzartigen Myzel. Es ist weiß und flaumig und kann sich über Kilometer unter der Erde erstrecken. Manche Pilze bilden auch oberirdisch Geflechte, beispielsweise auf Baumstämmen oder den Körpern von Insekten. Während das Myzel unerlässlich ist für die Ernährung der Pilze, sozusagen das Standardprogramm, sind die aus dem Boden ragenden oder an anderen Stellen prangenden Fruchtkörper eine Sonder-Show – und die dient einzig und allein der Vermehrung. Dazu lassen sich die Fungi einiges einfallen und präsentieren ausgefallene Farben und bizarre Formen: Weiß, gelb, braun, rot, rosa, orange, lila, grün, blau, schwarz – fast alles ist dabei. Und die Gestalt kann aussehen wie ein Hut, eine Keule, ein Trichter, ein Ball, eine Knolle oder eine Koralle.



Egal, welche Form der oberirdische Fungi-Körper hat, sein Zweck ist immer der gleiche: Er trägt zur Vermehrung unzählige Sporen, weshalb der Pilz-Auswuchs auch Sporenkörper genannt wird. Ein einziger Champignon etwa kann bis zu zwei Milliarden Sporen besitzen, die durch den Wind verbreitet werden. Dabei sind sie nicht nur passiv den Bewegungen der Luft ausgeliefert, sondern die Fungi beeinflussen die Luftströmungen um sich herum aktiv: Sie setzen sowohl ihre Samen frei als auch gleichzeitig geringe Mengen Wasserdampf. Dieser ist leichter als Luft, erzeugt deshalb Auftrieb und hebt die Sporen ein Stück in die Höhe. So sorgen die schlauen Pilz-Ingenieure dafür, dass ihre Samen vom Pilzhut bzw. der kleinen Lücke zwischen Hut und Erdboden entkommen. Die Sporen fallen also nicht einfach aus dem Fruchtkörper, sondern die Fungi helfen aktiv mit bei der Verbreitung.

### **Wusstest Du schon?**

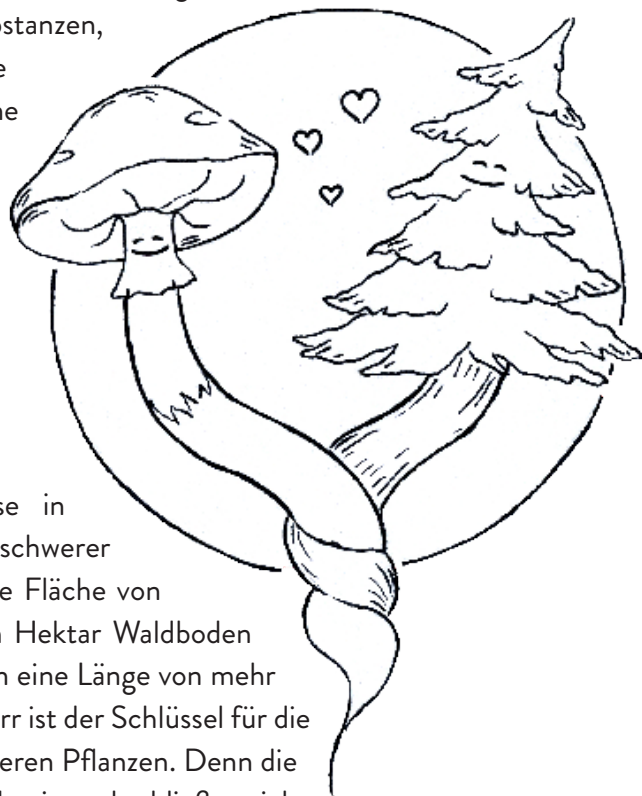
Das schnellste biologische Geschoss der Welt stammt von einem Pilz. Der Eingeschnürte Pillenwerfer katapultiert seine Sporen mit einer Geschwindigkeit von bis zu 25 Meter pro Sekunde in die Luft.

### **Zwerge und Giganten**

Eine andere Fortpflanzungstaktik läuft über das Aroma: Beispielsweise riecht die hierzulande sehr häufige Stinkmorchel intensiv nach Aas, um Fliegen anzulocken. Diese lassen sich auf dem vermeintlich toten Tier nieder, um ihre Eier abzulegen. Dabei nehmen sie die auf der Pilzspitze sitzenden klebrigen Sporen auf. Sie bleiben an den Insekten haften und werden fortgetragen, wenn diese „enttäuscht“ wieder wegfliegen. Neben Form und Geruch ist für uns Menschen seit Urzeiten noch etwas an den Fruchtkörpern interessant: Viele von ihnen sind essbar, beispielsweise der Birkenpilz, der Pfifferling, der Steinpilz und die Marone.

Andere dagegen sind aufgrund ihres bitteren Geschmacks ungenießbar, zum Beispiel der Orangerote Ritterling, die Gemeine Stinkmorchel, der Falsche Pfifferling und der Birken-Reitzker. Und manche enthalten so giftige Substanzen, dass ihr Verzehr uns töten würde, beispielsweise der Grüne Knollenblätterpilz, der Fleischrosa Schirmling, der Gemeine Kartoffelbovist und der Kahle Krempling. Auch in der Größe unterscheiden sich die Fungi gewaltig: Es gibt Giganten wie den Abgeflachten Lackporling (bis zu 1 Meter Durchmesser) und den Riesen-Bovist (50 Zentimeter Durchmesser) aber auch Winzlinge wie das Blassgoldene Spinnwebbecherchen (0,1 bis 1 Zentimeter Durchmesser) und den Zwergnestling (0,3 bis 1,5 Millimeter Durchmesser).

Während der Fruchtkörper als klar begrenzte Masse in Erscheinung tritt, ist das von den Pilzfäden gebildete Myzel schwerer fassbar. Es kann sich (bei einem einzelnen Pilz) über eine Fläche von mehreren Hundert Quadratmetern erstrecken. In einem Hektar Waldboden befinden sich bis zu sechs Tonnen Pilzfäden, die zusammen eine Länge von mehr als 100 Milliarden Metern haben. Und dieses Endlos-Gewirr ist der Schlüssel für die Partnerschaft zwischen Pilzen und Bäumen oder auch anderen Pflanzen. Denn die feinen Pilzfäden weben sich in die Spitzen der Baumwurzeln ein und schließen sich zu einer sogenannten Mykorrhiza oder Pilz-Wurzel zusammen. In diesem Bündnis leben die Pilze als Symbionten. Das heißt, sie bilden eine Zweckgemeinschaft mit ihrem Wirt und fördern dessen Wachstum.



## Erfolgsstory seit Jahrmillionen – Symbiose zwischen Pflanzen und Pilzen

Die ältesten Mykorrhiza-Funde sind etwa 460 Millionen Jahre alt. Sie stammen aus einer Zeit, als die ersten Pflanzen das Festland besiedelten. Es bestand also von Anfang an ein Zusammenschluss von Pilzen und Pflanzen. Manche Forscher gehen davon aus, dass der Sprung der Pflanzen aufs Trockene ohne die Fungi als Begleiter nicht möglich gewesen wäre. Dies brachte so entscheidende Vorteile mit sich, dass noch heute vier Fünftel aller Landpflanzen in einer Partnerschaft mit Pilzen leben. Die Mykorrhiza beeinflusst den Baum in seinem Wachstum und sorgt beispielsweise dafür, dass sich neue Wurzelhaare bilden – und zwar in die Richtung hin, in der im Boden die meisten Nährstoffe zu finden sind. Denn den Mykorrhiza-Pilzen fehlt nicht nur das Blattgrün und damit die Fähigkeit, mit Hilfe der Fotosynthese Kohlenhydrate zu produzieren.

**Wusstest Du schon?**

Unter jedem Quadratzentimeter Walderde schlängeln sich Hyphen, die über 1.000 Meter lang sind!

## **Wusstest Du schon?**

Pflanzen erfüllen mit ihren Wurzeln die Umwelt. Sie messen ständig 20 verschiedene Einflussgrößen wie Lichtstärke, Sauerstoffgehalt, Bodenfeuchtigkeit und Nährstoffe.

Im Vergleich zu den Zersetzer-Pilzen können sie organisches Material auch deutlich schlechter abbauen, um an nutzbare Kohlenstoffverbindungen zu gelangen. Deshalb wäscht im Mykorrhiza-Bund eine Hand die andere: Im wechselseitigen Austausch erhält der Baum notwendige Nährelemente – vor allem Stickstoff und Phosphor – von seinem Pilz-Partner und dieser bekommt im Gegenzug Kohlenhydrate von der Pflanze.

Rund 90 Prozent aller heutigen Landpflanzen leben in so einer Symbiose mit Pilzen. Dabei gilt, je mehr Mykorrhiza-Pilze im Boden sind, desto „bunter“ und „gesünder“ ist die Pflanzenwelt darüber. Die unterirdischen Fadenwesen entscheiden also über die oberirdische Vielfalt und damit auch über das Aussehen der Landschaft. Daher meinen einige internationale Pflanzenforscher „The study of plants without their mycorrhiza is the study of artefacts. The majority of plants, strictly speaking, do not have roots; they have mycorrhizas.“ („Die Untersuchung von Pflanzen ohne Mykorrhiza ist die Untersuchung von Artefakten. Die meisten Pflanzen haben keine Wurzeln, sie haben Mykorrhizen“).

## **Pilze als Maulwürfe**

Das Bindeglied der Baum-Pilz Partnerschaft ist die Mykorrhiza. Die Bezeichnung setzt sich zusammen aus den griechischen Worten für „Mykes“ (Pilz) und „Rhiza“ (Wurzel). Bei der Mykorrhiza handelt es sich um Mutualismus, eine Variante der Zusammenarbeit zwischen verschiedenen Arten, von der beide Partner profitieren, aber weitgehend getrennt voneinander leben. Um das zu erreichen, docken die Mykorrhiza-Pilze mit ihren Myzelien an die Schaltzentrale der Pflanzen an: die Wurzelspitzen.

Genau an dieser sensiblen Stelle – dem Baumgehirn – dringen die Mykorrhiza-Pilze in die Pflanze ein und verbinden sich mit ihr. Forscher glauben, dass neuronale Strukturen in den Wurzelkuppen die Symbiose und Interaktion mit den fremden Fadenwesen überhaupt erst möglich machen. In jedem Fall beeinflussen die Pilze den Baum aktiv: Sie scheiden über ihre Hyphen Phytohormone aus, die das Wachstum der Wurzel beeinflussen. So strecken sich, angestoßen durch die Fungi-Hormone, die feinen Baumenden in Richtungen, in denen im Boden wertvolle Nährsubstanzen lagern. Es gelingt den Pilzen somit, den Baum zum eigenen Vorteil zu beeinflussen.

## **Wusstest Du schon?**

**Bakterien lieben Pilzwurzeln!**  
Rund um die Mykorrhiza leben viel mehr dieser Mikroorganismen als in den „normalen“ Erdschichten.

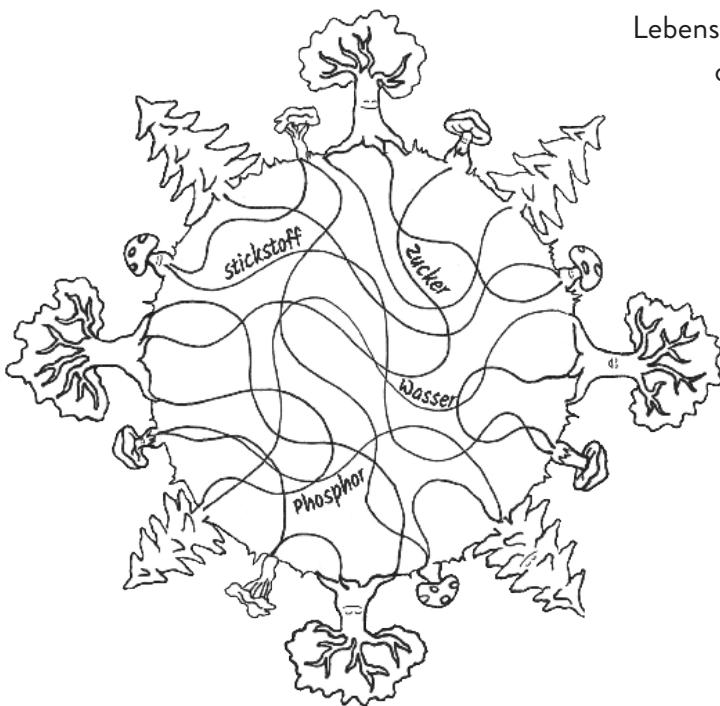
Bereits seit mehreren Hundert Millionen Jahren sind Pilze und Bäume sowie Pflanzen im Allgemeinen auf diese Weise Partner. In Urzeiten fanden beide Organismen in einer lebensfeindlichen Umgebung zueinander: Zwar können Pflanzen mit Hilfe der Fotosynthese Nährstoffe herstellen, ganz autark sind sie aber nicht: Zum Wachsen und Gedeihen müssen sie weitere Elemente – wie zum Beispiel Stickstoff, Phosphor, Kalium und Eisen – aus dem Boden holen. Und damit das so gut wie möglich gelingt, „helfen“ bestimmte Pilzarten mit. Ihre Hyphen graben sich wie winzige Maulwürfe durch die Erde und lösen im Umkreis von bis zu 25 Zentimetern von der eigentlichen Baumwurzel entfernt Mineralien und Nährstoffe aus dem Boden.

Dabei können sie in viel kleinere Bodenporen eindringen, als es die normalen Pflanzenspitzen vermögen. Das wertvolle Gut geben die Fadenwesen fast gänzlich an die umliegenden Pflanzen ab. Als Gegenleistung erhalten sie von den Bäumen Glukose, Vitamine sowie Substanzen, die ihr Wachstum anregen. Bei beiden Partnern erhöht die Symbiose die jeweilige ökologische Potenz. Das ist der Umweltbereich, in dem die Lebewesen – hier Pflanze und Pilz – unter den gegebenen Bedingungen überleben und sich fortpflanzen können.

## Wusstest Du schon?

Bis zu ein Fünftel ihres durch Fotosynthese erzeugten Zuckers geben Bäume an ihre Pilzfreunde ab.

Durch die Bildung des Mykorrhiza-Gewebes entsteht aus einer normalen Baumwurzel quasi eine Super-Wurzel. Sie bietet der Pflanze viel mehr Fläche zur Nährstoff-Aufnahme aus dem Erdreich. Das ist vor allem in klimatisch ungünstigen Lebensräumen, die beispielsweise von Erosion, Versalzung oder Trockenheit geprägt sind, ein Vorteil. Darüber hinaus schützen die Hyphen vor Schädlingsbefall, beispielsweise durch Bakterien.



## Biete Zucker, suche Stickstoff – Texten und Tauschen im „Wood Wide Web“

Biologen untersuchten die Baum-Pilz-Partnerschaft am Beispiel des Waldes und entdeckten eine Sensation: Die Mykorrhiza koppelt nicht nur Fungi und Pflanze, sondern auch die grünblättrigen Gewächse untereinander!



So sind unzählige Bäume und andere Pflanzen über Pilz-Wurzeln verquickt. Sie verknüpfen im Wald Bäume über eine Entfernung von 30 Metern hinweg miteinander. Manchmal finden sich regelrechte Baumbünde zusammen. Das unterirdische Netzwerk aus zahllosen Hyphen und Pflanzenwurzeln wird als „Wood Wide Web“, in Anlehnung an das „World Wide Web“, bezeichnet. Es fungiert als großer Tauschbasar für Nährstoffe. Jeder bringt das ein, was er (zu viel) hat: Beispielweise speisen einige Pflanzen vor allem Stickstoff in das Netzwerk ein, einige verstärkt Wasser und wieder andere vermehrt Phosphor und Zucker. Und jeder bekommt für seinen Beitrag das zurück, was er dringend braucht oder an das er nur schwer herankommt. Die Hyphen sind dabei die Highways für den Transport von Wasser und Nährstoffen. Geregelt wird die Beförderung von Pilz zu Pflanze über ein kompliziertes, noch nicht völlig erforschtes Zusammenspiel verschiedener Eiweißmoleküle.

Gesichert ist jedoch, dass der Nährstoffhandel in den äußeren Wurzelschichten stattfindet. Dort ist der Ort, wo sich Pilz und Pflanze zusammenschließen. Diese Vereinigung kann tiefgehend oder eher oberflächlich sein. So dringen bei einer Endomykorrhiza die Pilzfäden teilweise tief in die Zellen der Wurzel ein. Endomykorrhiza-Pilze sind mikroskopisch klein und mit dem bloßen Auge nicht zu sehen. Bei diesen Fungi handelt es sich um Arten, die keine Fruchtkörper bilden, sondern sich mit unterirdisch gebildeten Sporen vermehren. Sie besiedeln allein oder zu mehreren Arten die Pflanzenenden. Beispielsweise fanden Wissenschaftler in zehn Zentimeter langen Wurzelstücken bis zu zehn unterschiedliche Endomykorrhiza-Pilze. Bei einer Ektomykorrhiza dagegen hüllen die Pilzfäden die Oberfläche der Wurzel nur ein. Dieser watteähnliche Pilzmantel stößt nicht in die Zellen vor, doch wie ein Umhang schützt er vor äußeren Einflüssen: Beispielweise hält der Überzug parasitische Erdpilze, wie den die Holzfäule verursachenden Hallimasch, fern.

### **Wusstest Du schon?**

**Auch die meisten Pflanzen außerhalb des Waldes bilden Mykorrhiza-Netze zum Tausch von Nährstoffen.**

### **Wusstest Du schon?**

**Sterbende Bäume spenden ihre Nährstoffe vor ihrem Tod an Artgenossen.**

## **Strippenzieher im Untergrund**

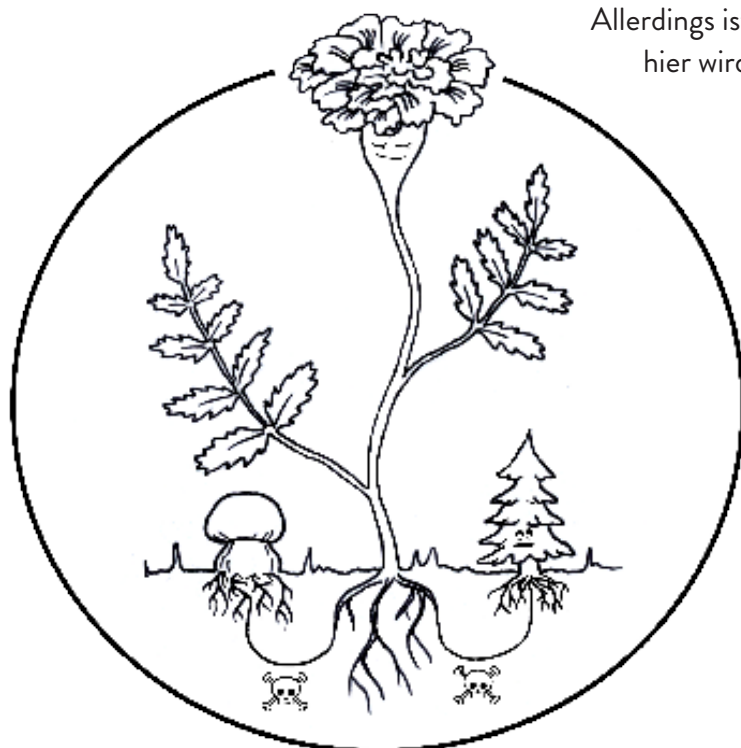
Vor allem Kiefern, Fichten, Lärchen, Birken, Buchen und Eichen setzen auf Pilzpartner. Zum Beispiel leben Buchen mit mehreren hundert Arten von Mykorrhiza-Pilzen zusammen. Laubbäume bilden eher Endo- und Nadelbäume eher Ektomykorrhizen aus. Und wer im Nachteil ist, wie Nadelhölzer, die meist auf mineralstoffarmen Böden wachsen, sucht sich öfter Pilzfreunde als Bäume auf „guten“ Böden. Auch das Klima spielt eine Rolle: In kühlen und gemäßigten Gebieten – wie den mitteleuropäischen Wäldern – gehen Pflanzen häufiger Ekto- als Endomykorrhizen ein.

Ektomykorrhiza-Pilze, von denen weltweit etwa 5.000 Arten bekannt sind, kommen beispielsweise aus den Gattungen der Schleierlinge, Täublinge, Milchlinge, Ritterlinge, Schnecklinge und Knollenblätterpilze. Insgesamt sind mehr als 3.000 Arten der in Mitteleuropa wachsenden Großpilze Mykorrhiza-Pilze. Das heißt aber auch, nicht alle Hüte, Kappen, Keulen und Trichter, die wir als „Pilze“ im Wald und auf der Wiese sehen, gehen Partnerschaften ein.

Während viele Baumarten sich auf eine Form der Fungi-Symbiose festgelegt haben, sind andere – wie zum Beispiel Ulme, Erle, Linde und Weide – zu beiden Varianten in der Lage. Ein Wald kann faktisch nicht ohne Pilz-Wurzeln existieren, denn sie sind von entscheidender Bedeutung für das Wachstum der Pflanzen. Die Mykorrhizen helfen Bäumen dabei, auch schlechtere Standorte zu besiedeln bzw. sich an diesen besser mit Nährstoffen aus dem Boden zu versorgen. Der Transfer funktioniert in alle Richtungen – zwischen Pilz und Pflanze und umgekehrt, aber auch zwischen Pflanze und Pflanze. Zum Beispiel schicken Douglas-Tannen über die Mykorrhizen Kohlenstoff an bedürftige Birken, denen es an diesem Nährstoff mangelt.

### **Wusstest Du schon?**

Besonders junge Bäume profitieren vom Anschluss an das „Internet des Waldes“. Sie erhalten von älteren Bäumen viele Nährstoffe. Wer als Keimling nicht in die Nähe des Netzwerkes fällt, hat allerdings schlechte Überlebenschancen.



Allerdings ist die Mykorrhiza-Welt kein idyllischer Ort, denn hier wird nicht nur fair oder selbstlos getauscht, sondern auch ausgebeutet und übervorteilt: Mitunter gibt es einen regelrechten Kampf um knappe Ressourcen wie beispielsweise Stickstoff. Dann geben einige Pflanzen, beispielsweise die orangefarbene Studentenblume, über ihre Wurzeln giftige Moleküle in das Pilznetzwerk ab. Sie werden an die Pflanzen in der Umgebung verteilt und hemmen deren Wachstum. Für die unsoziale Blume steht so mehr von der knappen Ressource zur Verfügung.

Auch Orchideen gehören zu den Absahnern: Die Pflanzen bilden viele winzige Samen, die vom Wind zwar sehr weit getragen werden, aber keine Vorräte zum Keimen haben. Sie müssen sich daher schnell Nahrung suchen.

Dazu warten die Embryonen im bzw. auf dem Erdboden, bis die passende Pilzhyphe (aus der Abteilung der Ständerpilze) in Reichweite kommt. Dann „fängt“ der Samen den Pilzfaden ein und verdaut ihn. In diesem frühen Stadium ist für die Orchidee ohne Fungi kein Überleben möglich. Bei dieser besonderen Form von Parasitismus beuten die Orchideen den Pilz aus, der quasi gefangen ist in dem Gewächs: Im Pflanzenembryo bildet er ein inneres Myzel aus Pilz- und Orchideenzellen. Der Keimling ernährt sich von dem Hyphen-Knäuel und somit dem Pilzkörper. Teile davon durchbrechen später die Keimhülle und wachsen nach außen.

Orchideenarten, die kein Chlorophyll besitzen, bleiben ihr Leben lang – nicht nur in der Embryonalphase – auf ihre Pilzpartner angewiesen. Beispielsweise ist der Vogel-Nestwurz, eine nach Honig duftende Orchidee mit braunen Blüten, ein solcher Vollscharotzer. Die Pflanze parasitiert auf dem Pilz, der gleichzeitig mit seinen Hyphen eine Mykorrhiza mit einem oder mehreren Baumpartnern bildet. Die Orchidee hat „Hunger“ und woher der Pilz das Futter nimmt, ist ihr egal. Hauptsache er versorgt sie. Und dazu „klaut“ er über die Pilz-Wurzel Nährstoffe von den Bäumen und reicht sie an seine „Besitzerin“ weiter. Diese Form der indirekten Ausbeutung eines Lebewesens (hier des Baumes) durch ein anderes (die Orchidee) durch die Vermittlung eines Dritten (des Pilzes) wird als Epiparasitismus bezeichnet.

### **Wusstest Du schon?**

**Pflanzen treffen Entscheidungen und handeln. Sie zeigen Anzeichen von Intelligenz, wie sie normalerweise nur Menschen oder höher entwickelten Tieren zugeschrieben wird.**

### **Wusstest Du schon?**

**Pilze sind wählerisch bei der Wahl ihrer Baumfreunde. So kann der Lärchenröhrling beispielsweise nur mit Lärchen glücklich werden und der Birkenpilz nur mit Birken.**

Einige Wissenschaftler vergleichen die Mykorrhiza-Geflechte mit den neuronalen Netzwerken in den Gehirnen von Menschen und höher entwickelten Tieren. Sie fanden bestimmte Muster und Eigenschaften in den Pilz-Wurzel-Strukturen, die für Intelligenz wichtig sind. Die Zellen der Wurzelspitzen und Pilzfäden kommunizieren bei einer Mykorrhiza über eine Art Aktionspotenzial miteinander: Ein Partner sendet Botenstoffe aus und der andere empfängt diese und reagiert. Die Übertragung erfolgt allerdings recht langsam – mit maximal einem Zentimeter pro Sekunde. Über das „Wood Wide Web“ werden demnach gezielt Informationen weitergegeben. Und das mehr oder weniger ständig, denn in den Enden der Wurzeln und den Mykorrhiza-Geflechten schwingen Nervenzellen in einer Art und Weise, wie Forscher es auch im menschlichen Gehirn beobachtet haben.

## Wählerische Einzelgänger und falsche Ritter – Pilze auf Partnersuche

Die Verbindung zwischen Pilz und Pflanze ist unterirdisch, denn im Boden werden die Botenstoffe zwischen beiden übertragen, damit sie zueinander finden und eine Mykorrhiza bilden. Bestimmte Phytohormone und Eiweiße sind die Kommunikationsmedien, wobei nicht jeder Baum sehr mitteilbar ist. Ältere Bäume „reden“ bevorzugt nur mit einer oder wenigen Arten von Mykorrhiza-Pilzen, während grüne Youngster sich häufig mit verschiedenen Fungi kurz- und zusammenschließen. Aber auch die Pilze sind wählerisch: Beispielsweise kann der Lärchenröhrling, wie der Name sagt, nur mit Lärchen glücklich werden und der Birkenpilz nur mit Birken. Dagegen ist beispielsweise der Fliegenpilz zu Symbiosen mit mehreren Arten fähig. Eine häufige Mykorrhiza-Pilzart ist die Gattung der Ritterlinge, die in heimischen Wäldern ganz galant die zarten Enden von Kiefern, Fichten, Buchen, Eichen, Espen, Birken oder Pappeln erobert hat. Auch hier sind Parallelen zu unserer Realität nicht so abwegig: Immerhin gibt es unter diesen Fungi Echte, Falsche, Bärtige, Mausgraue, Gemeine, Widerliche, Lästige und sogar Unverschämte Ritterlinge. Ein bisschen wie im richtigen Leben.

### **Wusstest Du schon?**

Die meisten Mykorrhiza-Pilze leben friedlich in einer stressfreien Beziehung mit „ihren“ Bäumen – solange sie genug Zucker bekommen. Fällt der weg, fressen die Pilze die Baumwurzeln!

### **Wusstest Du schon?**

Bei der Symbiose zwischen Pflanzen und Pilzen mischt noch dritter Partner mit: Bakterien helfen den Fungi, Mineralien aus dem Boden zu lösen und aufzuspalten.

Stockt die Glukosezufuhr durch die Wurzeln, dann werden einige der Pilzuntermieter zu gefräßigen Parasiten. Dann nämlich produzieren sie Enzyme, welche die Cellulose in den Wurzeln zerstört. Cellulose ist der Hauptbestandteil pflanzlicher Zellen und damit für den Baum eine lebenswichtige Substanz. Ist der Pilz jedoch ausgehungert, spaltet er diesen Stoff zu Glukose auf, um satt zu werden. Statt in Gemeinschaft mit seinem Wirt lebt er jetzt als Parasit von diesem.

Die Bereitschaft zu einer Mykorrhiza hängt auch von der jeweiligen Situation der Pflanzen ab. Jene, die in ungünstigen Verhältnissen leben, streben eher eine Symbiose mit Pilzen an. Beispielsweise können Pflanzenwurzeln unter normalen Umständen Stickstoff auch ohne Mykorrhiza-Pilze sehr gut aufnehmen. Wird es jedoch trockener, dann helfen die Pilze den Wurzeln, den Stickstoff besonders effizient aufzunehmen und weiterzuleiten.

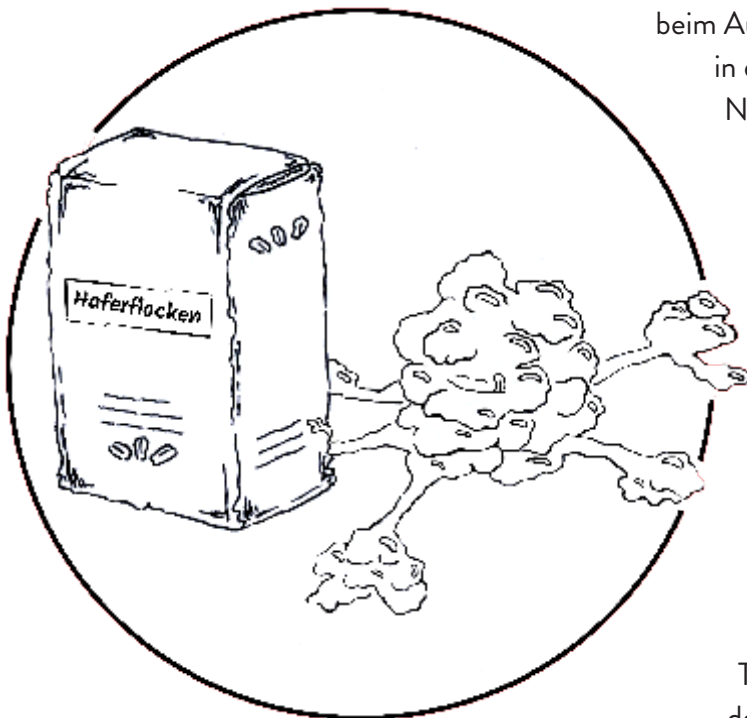
## Die Schleimer unter den Pilzen – Intelligent, aber fake

Die Welt der Pilze ist vielfältig und fantastisch. Das gilt sogar für Fungi, die gar keine sind: Schleimpilze gehören nur dem Namen nach zu den Fadenwesen. Denn eigentlich sind sie Einzeller – weder Pilz, noch Tier oder Pflanze. Wie die Bezeichnung schon sagt, sind die Lebewesen, die mitunter riesige Ausmaße annehmen, ziemlich glitschig – und noch dazu sehr intelligent. Dabei besteht so ein Blob aus nur einer einzigen, gigantischen Zelle mit vielen Zellkernen. Ein Gehirn besitzen die Kreaturen nicht, auch keine Nase, Augen oder Muskeln. Dennoch haben sie ein einfaches räumliches Gedächtnis und gehen auf die Jagd nach ihrer Nahrung, unter anderem „echte“ Pilze.

### *Wusstes Du schon?*

Schleimpilze sind gar keine Pilze, sondern Einzeller. Sie können riesengroß werden (bis zu zehn Quadratmeter) und lieben Haferflocken!

Und wie erbeutet so ein Blob seine Nahrung? Er erschnüffelt die von ihr abgegebenen Duftstoffe und bewegt sich mit netzartigen Ausläufern darauf zu. Die Schleim-Arme bilden dabei äußerst komplexe Netze, damit der Blob möglichst schnell vom Fleck kommt. Das funktioniert so gut und effizient, dass Forscher aktuell prüfen, ob die Intelligenz von Schleimpilzen beim Aufbau menschengemachter Netze – zum Beispiel in der Verkehrsplanung – helfen kann. Ein U-Bahn-Netz nach dem Vorbild eines Matsch-Wesens wäre also möglich.

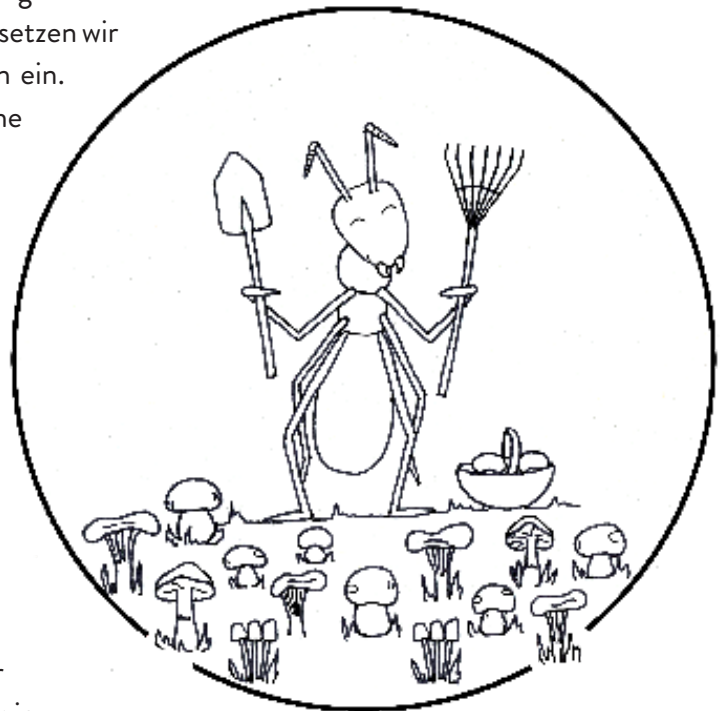


Schleimpilze setzen ihren Glibber aber nicht nur zum Kriechen, sondern auch zum Kommunizieren ein: Sie hinterlassen dort, wo sie gewesen sind, ein Sekret mit chemischen Botenstoffen und markieren so ihr Revier. Mit anderen zusammen sein wollen sie dagegen, wenn es um das Fressen geht: Findet ein Glibber Futter, sendet er Lockstoffe aus, die Artgenossen zur Mahlzeit einladen. Ganz selbstlos ist das Verhalten nicht, denn hinter dem Date steckt eine fiese Taktik: Taucht ein zweiter Schleimpilz auf, prüft der Erste dessen genetische Kompatibilität. Passen die Gene zusammen, verschmilzt er schnell mit dem Neuankömmling und ein neuer, größerer Organismus entsteht.

Das hat einen einfachen Grund: Ein größerer Blob kann sich schneller bewegen und dadurch leichter Nahrung finden. Das neue Wesen vereint auch die Intelligenz, und somit die Erfahrungen, beider Vorgänger. Die Partnerwahl kann bei Schleimpilzen schon mal kompliziert werden, denn ein einziger Organismus besitzt bis zu 720 Geschlechter, viele davon Zwischenformen zwischen männlich und weiblich. Da ist es doch einfacher, den Anderen gleich zu fressen.

## Gärten, Gänge und Vorratskammern – Insekten als Pilzzüchter

Während Wissenschaftler die Fake-Fungi gerade erst zu erforschen beginnen, sind Nutzen und Anwendung von Pilz-Einzellern schon lange bekannt: Seit Jahrhunderten setzen wir Hefepilze zur Herstellung von Brot, Bier und Wein ein. Die Mikroorganismen wandeln Zucker durch Enzyme in Kohlendioxid (als Backtriebmittel beim Brot) und Alkohol (Bier, Wein) um. Dieser Prozess nennt sich Gärung. Wir profitieren somit von den Abfallprodukten, die bei der Verdauung der Hefepilze anfallen. Und unsere Spezies ist nicht die einzige, welche die Fadenwesen für eigene Zwecke nutzt. Zum Beispiel legen die im Holz toter oder verkümmernder Bäume lebenden Ambrosia-Käfer Pilzfarmen an. Die zwei bis fünf Millimeter großen, schwarzen Insekten bohren Gänge in das Baumholz und kleiden sie mit einem Pilzmyzel aus, von dem sich später die Käfer und ihre Larven ernähren. Diese Art der Lebensmittelversorgung funktioniert so ähnlich wie bei uns, wenn wir zu Hause den Kühlschrank füllen.



### **Wusstest Du schon?**

**Käfer, Termiten und Ameisen züchten Pilze zu ihrem Nutzen. Sie legen Pilzgärten an und ernähren sich von Teilen der Fungi.**

Diese Pilz-Landwirtschaft hängt auch mit Alkohol zusammen: Sterbende Bäume produzieren die Substanz und dünsten sie aus. Der Käfer erschnuppert den Geruch und fliegt die Pflanzen gezielt an, denn nur hier kann er seinen Untermieter, den Ambrosia-Pilz, züchten. Schon seit 60 Millionen Jahren betreiben die Insekten eine Pilz-Landwirtschaft. Dazu tragen sie die Sporen ihres Untermieters von draußen in den Baum und deponieren sie in den extra angelegten Bohrgängen. Hier kann das Myzel optimal wachsen. Im Gegensatz zu anderen Mikroorganismen ist der Ambrosia-Pilz unempfindlich gegen das Zellgift Alkohol.

Eine ähnliche Vorratswirtschaft betreibt die Riesen-Holzwespe, die in die oberste Rindenschicht von Bäumen (vor allem Tannen, Fichten und Kiefern) ihre Eier ablegt. Dazu höhlt sie kleine Gänge in der Borke und dem darunterliegenden Holz aus und setzt ihre Nachkommenschaft darin ab. Als Proviant für die Brut legt das bis zu vier Zentimeter große Insekt Hyphen des Tannen-Schichtpilzes in die Kinderstube. Den Holzpilz züchtet die Wespe im eigenen Körper, in speziellen Taschen (Mycetangien) im Unterleib. Hier leben die Sporen in einer Schleimmasse eingebettet. Bei der Eiablage wird jedes Ei mit pilzhaltigem Schleim ummantelt. Der Fungi siedelt von der Wespen-Brut auf das Holz über und bildet dort sein Myzel, von dem sich die später schlüpfenden Larven zum Teil ernähren.

### **Wusstest Du schon?**

Der Tannen-Schichtpilz stellt „Babybrei“ her. Er zersetzt das Lignin im Holz und verdaut es vor. Diesen Brei fressen dann die Larven der Holzwespe.

## **Blattschneiderameisen als Urzeit-Bauern**

Den gegenseitigen Nutzen von Pilz und Insekt haben Blattschneiderameisen perfektioniert: Sie leben in den Tropen und Subtropen des amerikanischen Kontinents und zerkleinern mit ihren Mundwerkzeugen Pflanzenblätter in kleine Stückchen – daher ihr Name. Die Schnipsel transportieren die Tiere in ihre unterirdischen Erdnester und verarbeiten sie dort weiter zu einem dicken Pflanzenbrei. Diesen beimpfen die Insekten mit Sporen des Pilzes *Leucoagaricus gongylophorus*, von dessen Myzel sie sich ernähren. Die Fungi wiederum leben von dem grünen Mus und zerlegen die Pflanzenfasern weiter. Die Ameisen können das nicht und ernten deshalb die Pilze – nicht zu viele natürlich, damit der Bestand nicht gefährdet ist.

Dabei haben es die Insekten auf ganz bestimmte Leckerbissen abgesehen, welche die Fungi produzieren: An den Enden ihrer Hyphen wachsen mit Nährstoffen (vor allem Eiweiß) gefüllte Kugeln, von denen sich die Tiere ernähren. Um möglichst viele der gehaltvollen Knöllchen ernten zu können, düngen die Ameisen ihre Pilzkulturen mit Kot und sorgen dafür, dass sie nicht von dem Schadpilz *Escovopsis* überwuchert und zerstört werden.

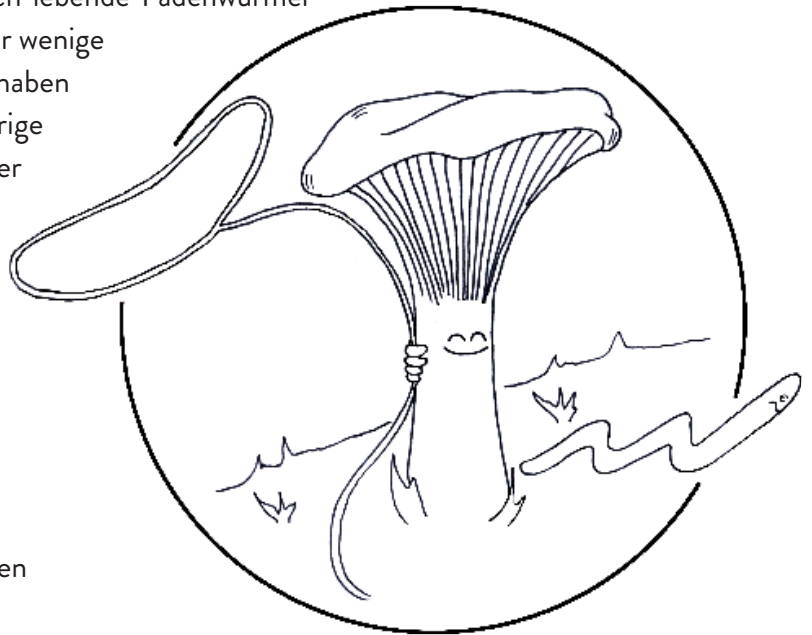
### **Wusstest Du schon?**

Blattschneiderameisen behandeln ihre Pilzgärten bei Schädlingsbefall mit Antibiotika. Diese stellen sie aus Bakterien her, die sie auf ihrem Panzer mit sich herumtragen.

## Schlingen, Lassos und Kanonen – Die Waffen der Pilze

Das Zusammentreffen mit einem Pilz kann für einige Lebewesen sehr unangenehm werden, denn einige Fungi-Arten sind Predatoren, also Räuber. Ungefähr 160 Raubpilze, auch nematophage Pilze genannt, sind derzeit bekannt. Sie erbeuten im Erdreich lebende Fadenwürmer (Nematoden) und Rädertierchen – winzige, nur wenige Millimeter große Tiere. Die räuberischen Pilze haben spezielle Fangorgane wie zum Beispiel klebrige Hyphen (Klebefallen), an denen die Opfer hängen bleiben.

Einige Arten formen ihre Hyphen zu Ringen und Lassos um und legen diese Schlingfallen aus. Die durch die Schlinge kriechende Beute verfängt sich im Hindernis und der Pilz hat erfolgreich eine Mahlzeit eingeheimst. Wie Fossilfunde räuberischer Pilze zeigen, kommt die Lassomethode seit mindestens 100 Millionen Jahren zum Einsatz.



Auch der Schopftintling, ein etwa zehn Zentimeter großer Raub-Pilz und Verwandter des Champignons, verspeist gern lebende Beute. An den Hyphen seines Myzels bildet er toxische Kügelchen aus. Sie geben Gift in den Boden ab, das vorbeikriechende Fadenwürmer lähmt. Einmal unbeweglich gemacht, hat der Pilz genug Zeit, um das wehrlose Opfer fest mit seinen Fäden zu umschlingen, die jede Menge Verdauungsenzyme ausschütten. Diese zersetzen das Tier innerhalb weniger Tage und der Schopftintling schlürft es anschließend über die Hyphen als „Wurm-Shake“ auf.

Neben den ihre Beute selbst fangenden Raub-Pilzen gibt es auch Arten, die ihre Opfer quasi von innen heraus verzehren: Diese endoparasitären Pilze entwickeln sich erst im Tierkörper und töten ihre Beute auf diese Weise. Zunächst nehmen die Würmer unbeabsichtigt die mit dem bloßen Auge nicht erkennbaren Pilzsporen auf. Damit beginnt der Anfang vom Ende, denn nun wächst aus einer Spore ein Pilzmyzel heran und überwuchert das Innere seines Opfers. Der Parasit verdaut den Nematoden nach und nach, der bei lebendigem Leib ausgehöhlt wird. Am Ende bleibt nur der leere Leib zurück und der Pilz sitzt auf dem Trockenem. Er bildet jetzt einen Fruchtkörper aus, um sich zu vermehren. Dieser durchbricht die Hülle des Fadenwurms und entsendet die Pilzsporen in die Luft.

### **Wusstest Du schon?**

Der Raubpilz *Haptoglossa mirabilis* schießt seine Sporen wie aus einer Kanone auf winzige Bodenbewohner ab. Und das Ganze dauert nur eine Zehntel Sekunde lang!



Neben den Räubern gibt es unter den Fadenwesen auch die Schadpilze. Sie leben beispielsweise als Schmarotzer auf und in anderen Lebewesen wie Pilzen, Pflanzen, Tieren und dem Menschen. Parasitisch lebende Fungi – zum Beispiel Brand-, Mehltau- und Rostpilze – befallen andere Organismen, ernähren sich von ihnen und töten sie dadurch mitunter. Beispielsweise ist das Falsche Weiße Stengelbecherchen für das hierzulande verbreitete Eschentriebsterben verantwortlich. Der Pilz befällt zunächst die Blätter der Eschen und dringt später in Zweige und Holz ein. Die Folge ist ein verstärkter Blattausfall und das Verkümmern von Blatttrieben und Ästen. Durch die Fungi-Attacke sind die Bäume geschwächt, sodass auch andere Schädlinge leichtes Spiel haben. Die Folge ist oft der Tod des Baumes.

Bezeichnungen wie Kartoffelfäule, Apfelschorf, Birnengitterrost oder Obstbaumkrebs deuten an, dass Pilzbefall für Pflanzen sehr negative Folgen haben kann. Äußerlich sichtbar ist der schädigende Pilz-Einfluss bei Pflanzen an Verformungen von Blättern, Zweigen oder Früchten. Auch in und auf uns selbst leben zahlreiche Pilze, die als pathogen bezeichnet werden, da sie uns krankmachen können. Sie fühlen sich vor allem auf der Haut, den Finger- und Fußnägeln und im Darm wohl.

### **Wusstest Du schon?**

Wenn Schad-Pilze Pflanzen befallen, bilden sich kugelige und verdrehte Auswüchse. Sie tragen so abenteuerliche Namen wie Narrentaschen, Kräuselkrankheit und Hexenbesen.

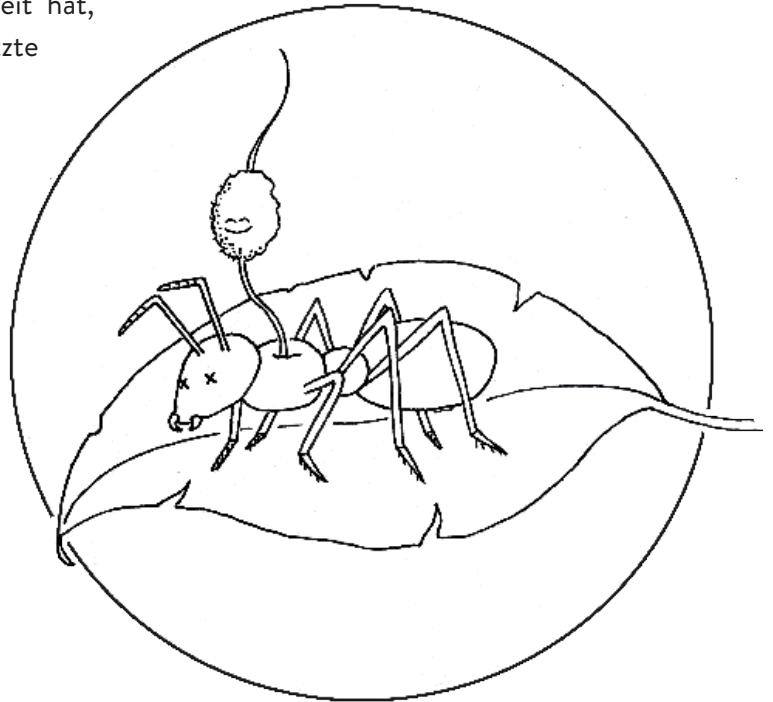
### **Wusstest Du schon?**

Ein Pilz im tropischen Regenwald befällt Ameisen und verwandelt sie in wahre Zombies. Am Ende wächst der Fungi aus Kopf und Rücken des Tiers. Gruselig, oder?

**Attacke der Killer-Pilze**

Die Pilze in uns fristen meist ein unscheinbares Dasein, auch wenn sie Parasiten sind. Andere Schmarotzer treten spektakulärer in Erscheinung. Richtig gruselig wird es im südamerikanischen Regenwald: Dort verwandelt die parasitische Pilzart *Ophiocordyceps unilateralis* Rossameisen in willenlose Wesen: Der Schmarotzer kämpft dabei mit chemischen Waffen und verwandelt die etwa zwei Zentimeter großen Insekten durch Bewusstseinskontrolle in wahre Zombies. Die Pilzsporen sind nämlich zu schwer, um mit dem Wind verbreitet zu werden. Also hat sich das Fadenwesen eine andere Strategie einfallen lassen. Die Sporen von *Ophiocordyceps unilateralis* dringen über die Atmungsorgane in die Ameisen ein und übernehmen binnen weniger Tage die Macht. Der Schmarotzer wächst im Inneren des Tiers heran und beeinflusst mit chemischen Substanzen dessen Nervensystem. Das Ziel des Pilzes ist ausschließlich seine Vermehrung und dazu lenkt er Gehirn, Bewegungsapparat und Kiefer seines Opfers.

Hat er eine Ameise befallen, zwingt er sie dazu, auf eine Pflanze zu klettern und sich dort, etwa 20 bis 30 Zentimeter über dem Boden, an einem Blatt oder Ast festzubeißen. Dadurch bleiben die Umweltbedingungen im Optimalfall gleich, wodurch der Parasit Zeit hat, sein Vermehrungsorgan zu entwickeln. Als letzte Mahlzeit frisst der Fungi das Gehirn der Ameise und diese stirbt. Und das ist ihr Glück, denn die finale Phase des Schmarotzerangriffs ist nichts für schwache Nerven. Aus Kopf oder Leib des Insektes bricht ein Pilz-Stiel hervor, an dessen Spitze der keulenförmige Fruchtkörper sitzt. Er entlässt zahllose Sporen, die zu Boden rieseln und auf neuen, ahnungslosen Ameisen landen. Das bizarre Phänomen ist bis auf Europa auf der ganzen Welt verbreitet.



Vor 48 Millionen Jahren, als weite Teile des heutigen Deutschlands von Regenwald bedeckt waren und feucht-heißes Klima herrschte, gab es die Mörderpilze auch bei uns. Das belegen Fossilfunde aus der Grube Messel bei Darmstadt, bei denen Ameisen in ihrem „Todesbiss“ an Blättern konserviert wurden. Die unheimliche Manipulationsfähigkeit von *Ophiocordyceps unilateralis* war Vorbild für die Darstellung von Zombies in einigen Romanen und Computerspielen. Und das sind auch die einzigen Medien, in denen uns der Grusel-Pilz hierzulande begegnen kann. Denn mit der erdgeschichtlich bedingten Veränderung des Klimas in Mitteleuropa, von tropischen hin zu kühl-gemäßigten Temperaturen, wurde es ihm schlichtweg zu kalt und trocken bei uns.

## Lebensretter, Feuerzeug und Plastikfresser – Supertalent Pilz

### **Wusstest Du schon?**

Der Töpfchenpilz *Batrachochytrium dendrobatidis* ist mitverantwortlich für das weltweite Amphibiensterben. Er löst die Haut der Tiere auf. Sie bewegen sich immer weniger, verlieren dadurch ihre Muskeln und sterben schließlich an Herzstillstand.

Zu den parasitischen Pilzen zählen auch Baumpilze, eine der wenigen Fungi-Arten, die das Holz lebender Bäume zersetzen können. Auch einige Arten Schimmelpilze leben als Parasiten. Normalerweise gehören sie zu den saprophytischen Pilzen, das heißt, sie verwerten abgestorbenes tierisches und pflanzliches Material. Eine harmlose Form ist beispielsweise Edelschimmel, der bei der Käseherstellung verwendet wird und dem Camembert seine samtweiche Haut verleiht. Geradezu lebensrettend ist für uns der Pinselschimmel, aus dem wir das bakterienabtötende Antibiotikum *Penicillin* gewinnen.

Bereits in der späten Jungsteinzeit waren Pilze hilfreich: „Ötzi“, der 5.300 Jahre alte „Mann aus dem Eis“, trug als Reiseapotheke zwei damals wertvolle Baumpilze bei sich – den Birkenporling und den Zunderschwamm. Der Birkenporling gehörte zur medizinischen Grundausstattung unserer Vorfahren, da er blutstillend und desinfizierend wirkte. Deshalb schnitten Steinzeitmenschen wie „Ötzi“ den cremefarbenen Baumpilz in Streifen und legten ihn auf Verletzungen. Auch der grau-braune Zunderschwamm stoppte blutende Wunden. Außerdem brachte er Feuer, denn das leicht entzündliche Innere des Pilzes, die Zunderwolle, war eine gute Unterlage für Funken. Der Gletschermann trug den Fungi als Teil eines sogenannten Schlagfeuerzeugs bei sich: Es bestand aus Feuerstein und Pyrit, die beim Aneinanderschlagen Funken erzeugten, sowie der Zunderwolle, die damit zum Glimmen gebracht wurde.

### **Wusstest Du schon?**

**Der Mann aus dem Eis – „Ötzi“ – hatte vor über 5.000 Jahren Pilze als Reiseapotheke dabei. Mit ihnen konnte er Wunden desinfizieren und Feuer machen.**

Auch wichtig für das Überleben – allerdings in der Zukunft – könnte ein anderer Pilz sein: Im ecuadorianischen Amazonasgebiet lebt *Pestalotiopsis microspora*. Der wie ein großer Milchfleck aussehende Pilz wächst im Inneren von Guavenbäumen. In Laborversuchen hatte er unglaublicher Weise Appetit auf Ungewöhnliches – er frass nämlich Plastik! Um den Kunststoff zu verdauen, bildet der Pilz ein Enzym, das Polyurethan zersetzen kann. Aus dem umweltschädigenden Material bestehen unter anderem Bauschäume, Matratzen, Schuhsohlen und Klebstoffe. Wissenschaftler erforschen, ob der Regenwald-Pilz für den Abbau des massenhaft vom Menschen produzierten Plastikmülls eingesetzt werden könnte.

### **Wusstest Du schon?**

**Ein Pilz aus dem tropischen Regenwald frisst Plastik! Er kann den Stoff verdauen, der bei uns so viel Müll produziert. Vielleicht ist dieser Pilz unsere Zukunft und hilft uns, die Erde sauberer zu halten?**

### **Zukunft Pilz?**

Ob wir in Zukunft in großem Stil auf Pilze bei der Abfallvernichtung zählen können, ist noch ungewiss. Doch im Hier und Jetzt übernehmen sie bereits die wichtige Funktion, biologischen „Abfall“ zu beseitigen. Sie halten die globalen Stoffkreisläufe am Laufen, indem sie Altes auflösen und die daraus gewonnenen Nährstoffe für neue Pflanzen und Tiere zur Verfügung stellen. Unglaubliche 90 Prozent der von Pflanzen und Tieren produzierten Biomasse werden von den Fungi abgebaut.

Auch menschengemachten Müll können die Fadenwesen teilweise zersetzen: Sie spielen zunehmend eine Rolle beim Upcycling, also der Verwandlung von Abfall oder nutzlosen Stoffen in neuwertige Produkte. Beispielsweise werden auf Sägemehl und Abfällen aus der Bier- (Malzrückstände) und Kaffeeproduktion (Kaffeersatz) Austern-Seitlinge – schmackhafte braune Speisepilze – gezüchtet. Sogar alte, gehäckselte Pappkartons, Toilettenpapierrollen und Telefonbücher sind gute Nährböden für Fungi.

## Pilze als Klimahelfer

Auch beim zweiten großen Thema unserer Zeit, dem Klima, mischen Pilze mit. Sie können, unter bestimmten Bedingungen, Regen „herbeirufen“: Die Sahelzone in Nordafrika ist ein extrem trockener Ort. Trotzdem werden hier Jojobasträucher angepflanzt, deren Früchte ein für Industrie und Kosmetik wertvolles Öl liefern. Als sehr gute Wasserverwerter brauchen die Pflanzen nur wenig von dem kühlen Nass. Sie schließen tagsüber ihre Blattoberflächen, sodass kein Wasser über die Blattoberfläche verdunstet.

### **Wusstest Du schon?**

Auf alten, zerkleinerten Telefonbüchern und Pappkartons kann man Pilze züchten. Auch Sägemehl und Kaffeersatz eignen sich dafür. Die Fungi wachsen also faktisch auf Müll!

Das heißt aber auch, dass es keinen Kühlungseffekt für die Atmosphäre gibt. Stattdessen entsteht unter den Sträuchern Hitze – bei großen Plantagen bildet sich ein sogenanntes Hitze-Tief. Es sorgt dafür, dass der Wind von den Pflanzungen angezogen wird, was wiederum dazu führt, dass die warme Luft aufsteigt. Nur unter diesen Voraussetzungen kann es zur Wolken- und Regenbildung kommen. Und was haben Pilze damit zu tun? Damit die Jojobagewächse in der staubtrockenen Umgebung überhaupt gedeihen, werden ihre Wurzeln vor dem Auspflanzen mit im Labor gezüchteten Mykorrhizapilzen bestrichen.

Dadurch bilden sich Pilz-Wurzeln, die sehr tief in den Boden eindringen. Sie ziehen Wasser aus Erdschichten, welche die Pflanzen nur mit ihren eigenen Wurzeln nicht erreichen würden. Auf diese Weise fördern die Pilze das Wachstum der Sträucher und damit einen erhöhten Niederschlag in der Region.

### **Wusstest Du schon?**

Die Netzwerke von Pilzen sind so effektiv, dass Wissenschaftler ihre Vorteile für den Menschen nutzen wollen: So könnten Strom-, Verkehrs- und Kommunikationsnetze nach dem Fungi-Vorbild entstehen.

Auch das Innere der Fadenwesen ist für Forscher sehr interessant: Sie versuchen, den genetischen Code einiger Mykorrhiza-Pilze zu knacken. Das könnte dazu beitragen, die auf der ganzen Welt wachsenden Probleme bei Nahrungsmittelproduktion und Umweltschutz zu lösen. Denn nach der Entschlüsselung des Erbgutes könnten künstliche Botenstoffe produziert werden.

Damit ließen sich ein natürlicher „Klebstoff“, der untypische Pflanze-Pilz-Partner zusammenbringt, und ein Fungi-Dünger, der Mykorrhiza-Bündnisse unter schwierigen Umweltbedingungen fördert, herstellen. Dies ist zum Beispiel in Gebieten, in denen Brandrodung einen großen Teil der Wälder zerstört hat, von besonderer Bedeutung. Ecuador beispielsweise hat eine der höchsten Abholzungsraten. Nach Brandrodung und intensiver Landwirtschaft sind die Böden sehr ausgelaugt, also arm an Nährstoffen. Ein Teil der Flächen soll wieder mit landschaftstypischen Bäumen aufgeforstet werden. Damit das gelingt, wird auf die Wurzeln beim Ausbringen in den Boden ein Mykorrhiza-Substrat gesprüht. Mit dieser Starthilfe sind die Bäume optimal darauf vorbereitet, auf dem kargen Boden so gut wie möglich zu gedeihen.

## **Wusstest Du schon?**

**Pilze zeigen uns, was sozialer Zusammenhalt ist: Denn sie arbeiten lieber mit anderen zusammen als gegen sie.**

## **Teamwork und Zusammenhalt – Was wir von Pilzen lernen können**

Fungi können mithin tolle Partner sein. Und sie lehren uns, dass die Natur noch viele Überraschungen parat hält. Das „Wood Wide Web“ hat unsere Wahrnehmung des Waldes verändert: Sein biologisches Gefüge ist feiner und verletzlicher als bisher gedacht. Zugleich erscheint der Wald größer, vernetzter und vielschichtiger. Schon in alten Märchen ist die Rede von (inter-)aktiven Bäumen: Sie konnten reden oder etwas zaubern, das der Heldin oder dem Helden der Geschichte half. Und auch unsere Vorfahren haben bereits geahnt, dass Bäume – wenn auch mit Hilfe von Pilzen – Plaudertaschen sind. Die Fungi zeigen uns außerdem, was sozialer Zusammenhalt ist, da für viele Arten Teamwork das Wesentliche ist. Zwar bestehen diese Symbiosen hauptsächlich zum eigenen Vorteil, aber eben auch zum Vorteil ihrer Partner. In dieser Hinsicht können wir also durchaus von den Pilzen lernen, denn sie leben uns vor, wie ein Miteinander funktionieren kann.

Stadt Leipzig  
Naturkundemuseum Leipzig  
Lortzingstraße 3  
04105 Leipzig

[www.naturkundemuseum.leipzig.de](http://www.naturkundemuseum.leipzig.de)  
[naturkundemuseum@leipzig.de](mailto:naturkundemuseum@leipzig.de)  
(0341) 98221-0

Text & Lektorat: Henriette Joseph  
Layout: Nadine Baum & Tessina-Larissa Schramm  
Grafiken: Nadine Baum

Juni 2020